Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2005

Division de Mécanique des Sols, des Roches et de la Géologie de l'Ingénieur

et

LCPC – LGIT / Risques sismiques

DIVISION DE MÉCANIQUE DES SOLS, DES ROCHES ET DE GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR

et

LCPC – LGIT / RISQUES SISMIQUES

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58 boulevard Lefebvre 75 732 Paris cedex 15

Chef de division : Philippe Mestat

Responsable LCPC – LGIT « Risques sismiques » : Pierre-Yves Bard

La division de Mécanique des Sols, des Roches et de Géologie de l'Ingénieur (MSRGI) et l'unité mixte LCPC-LGIT sont deux des quatre unités du LCPC dont les activités sont consacrées à la géotechnique, dans son sens le plus large qui englobe les applications de la mécanique des sols et des roches, de la géologie de l'ingénieur et des sciences de la terre. Elles partagent ce domaine technique avec la division de Reconnaissance et Mécanique des Sols (RMS) et le CERMES (centre de recherche commun ENPC-LCPC). Font également partie du domaine géotechnique les activités concernant les granulats (division Technologies du Génie Civil et Environnement) et la géotechnique routière (division Matériaux et Structures des Chaussées).

Les quatre unités de géotechnique entretiennent d'étroites relations entre elles et avec certaines des autres unités du LCPC. Elles sont aussi le centre d'un vaste réseau de chercheurs et d'ingénieurs des Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées et des centres spécialisés du réseau technique du Ministère de l'Equipement. Ce réseau au contact du terrain et des problèmes concrets constitue une aide précieuse pour les recherches menées en géotechnique.

La division MSRGI fait également partie de l'Institut Navier, structure fédérative de recherche rassemblant la division MSRGI, trois laboratoires mixtes de l'ENPC et du LCPC (LMSGC, LAMI, CERMES) et le Laboratoire de Mécanique de l'Université de Marne la Vallée. Cet Institut a pour ambition de créer un pôle de compétence dans les domaines de la Mécanique, de la Géotechnique et de la Physique des matériaux et des structures.

La division MSRGI est également le correspondant LCPC pour les Equipes de Recherche Associées des LRPC d'Aix-en-Provence, de Lyon, de Nice et de Toulouse.

Ce rapport annuel d'activité décrit les activités de recherche et d'études, l'organisation, les moyens, la participation des agents à l'enseignement et aux actions de normalisation, et les coopérations nationales et internationales. Il se termine par une liste des publications de l'année 2005.

La division MSRGI et le LCPC/LGIT pratiquent cinq types d'activités :

- recherche finalisée ;
- mise au point de méthodes d'étude, d'essai, de dimensionnement, de normes ;
- études, expertises, conseil technique ;
- enseignement : formation initiale, formation continue, accueil de doctorants et stagiaires ;
- actions internationales.

FAITS MARQUANTS EN 2005

Les faits marquants pour l'année 2005 sont :

- l'évaluation quadriennale de la division MSRGI et du LCPC/LIGT le 31 mars 2005 ;
- la clôture de quatre opérations de recherche importantes dans les domaines de l'étude du fonctionnement des ouvrages, de la rhéologie des sols et des roches, des risques sismiques ;
- le lancement de trois nouvelles opérations de recherche importantes consacrées à l'étude des mouvements liés aux travaux urbains, des techniques de reconnaissance en géotechnique et des effets de la sécheresse ;
- la soutenance de sept thèses et 1 HDR ;
- l'organisation d'un symposium international à l'occasion des « 50 ans du pressiomètre » ;
- la fin du projet européen SESAME et l'acceptation du projet européen NERIES (LCPC-LGIT) ;
- le démarrage du Master Européen en Génie Parasismique à Grenoble LCPC-(LGIT).

ORIENTATIONS GÉNÉRALES

Les activités majeures de la division MSRGI peuvent être regroupées en trois grandes orientations**,** dans lesquelles s'expriment les besoins de recherches et d'études.

- ***Ouvrages géotechniques complexes et géotechnique en milieu urbain***

Les grandes fouilles, les fondations spéciales, les soutènements, les tunnels en terrain meuble, les tranchées pour réseaux divers, les carrières souterraines abandonnées, etc., posent des problèmes techniques particuliers : conception, dimensionnement, interaction avec le milieu urbain (déformations, contraintes, régime hydraulique). La recherche concernant ces ouvrages allie les expérimentations en laboratoire et *in situ* et la modélisation numérique. Un objectif de recherche est aussi la prise en compte des observations faites sur l'ouvrage au cours de sa construction pour adapter son dimensionnement (« dimensionnement interactif »).

- ***Risques naturels***

Les études et recherches concernent les effondrements de cavités souterraines d'origine naturelle ou artificielle, les glissements de terrain et chutes de blocs, etc. Les objectifs sont d'une part la connaissance de l'aléa (facteurs géologiques, cartographie, modélisation des phénomènes, prévision de l'occurrence, etc.) et, d'autre part, l'évaluation des techniques de prévention et de protection, la vulnérabilité des structures (interaction sol-structure en statique ou en dynamique), la prévision des dommages dus aux mouvements de terrain, et la gestion du risque.

- ***Comportements des matériaux naturels ou artificiels***

La rhéologie et la pathologie des sols, des roches, des pierres naturelles et artificielles, des granulats, l'influence des fines sur les bétons, le rôle de la phase argileuse d'un sol, l'altération, les interactions physico-chimiques, le « vieillissement » des roches, l'amélioration des sols, etc., sont également des activités de recherche importantes pour la division MSRGI. Celles-ci reposent sur la caractérisation mécanique des matériaux et sur la mise en relation de la nature minéralogique et de la microstructure avec les propriétés d'usage.

Les activités majeures du LCPC-LGIT concernent les risques sismiques, la sismologie de l'ingénieur et la gestion du Réseau Accélérométrique Permanent (GIS RAP).

Ces études et recherches sont organisées suivant quatre des cinq orientations thématiques du contrat quadriennal 2005-2008 du LCPC.

« Développer des matériaux et structures économes en ressources non renouvelables »

. Etude des phénomènes de vieillissement des matériaux
. Conception et optimisation des ouvrages géotechniques pour économiser les ressources
. Comportement mécanique des matériaux (dont granulats et sols hétérogènes)
. Calculs des ouvrages géotechniques (remblais, fondations et interactions sol-structures)
. Etudes expérimentales du fonctionnement des ouvrages
. Pathologies des pierres de construction

« Assurer l'insertion des infrastructures, notamment dans l'environnement urbain et péri-urbain, et prévenir les risques naturels »

. Réduction des nuisances provoquées par les travaux (excavations, injections, vibrations)
. Méthodes de calcul des déformations et analyse des effets des vibrations
. Etude du risque rocheux et de la stabilité interne des massifs
. Sismologie et effets des ondes sismiques sur le comportement des sols et des ouvrages
. Interactions site-ville
. Dynamique des sols
. Glissement de terrains non rocheux
. Erosion interne
. Effets de la sécheresse et de la réhumidification des sols sur le comportement des ouvrages

« Valoriser les infrastructures existantes : diagnostic et maintenance »

. Maîtrise de la durée de vie des ouvrages
. Diagnostic patrimonial
. Techniques de réparation des ouvrages géotechniques (inclusions rigides, colonnes ballastées, amélioration des sols en place)
. Méthodes de dimensionnement

« Développer les outils et les méthodes du génie civil »

. Développement du logiciel CESAR-LCPC en géotechnique
. Techniques de reconnaissance des sols et des roches (nouveaux appareillages)
. Essais en laboratoire (sols et roches)
. Amélioration des lois de comportement

ORGANISATION DE LA DIVISION MSRGI

La division MSRGI est actuellement structurée en une unité centrale et trois sections :

- la section de **Géologie, mécanique des roches et géotechnique de l'environnement (GMRGE)** mène des recherches fondées sur l'observation géologique, à l'échelle du site (géologie structurale, télédétection) et à l'échelle de l'échantillon de roches ou de pierres naturelles ou artificielles (microscopie optique et électronique, essais physiques et mécaniques) ;

- la section du **Comportement des sols et des ouvrages géotechniques (CSOG)** pratique des recherches expérimentales en mécanique des sols, fondées sur les essais et mesures, en laboratoire ou sur chantier, qui permettent de décrire et de quantifier le comportement des terrains et des ouvrages géotechniques ;

- la section du **Calcul des ouvrages géotechniques (COG)** conduit des recherches dans le domaine de la modélisation numérique, en particulier par éléments finis et éléments discrets. La finalité est de prévoir par le calcul le comportement des terrains et des ouvrages.

LISTE DU PERSONNEL MSRGI

Au 31 décembre 2005, le personnel de la division MSRGI comprend : 12 chercheurs, 10 techniciens supérieurs, 1 technicien, et 4 secrétaires, soit 27 permanents, auxquels il faut ajouter 2 directeurs de recherche émérites, 1 post-doc, 7 doctorants LCPC, 1 doctorant CERMES (collaboration pour des essais de mécanique des roches), 1 doctorant CGI (encadré par A. Pouya) et des stagiaires (au nombre d'une dizaine environ par an).

Les personnes en poste au dernier trimestre de l'année 2005 sont les suivantes.

Niveau division MSRGI
Ph. Mestat (DR), D, HDR, chef de division
M. Bustamante (DR émérite)
A. Le Roux (DR émérite)
D. de Meyer (AA*), assistante-secrétaire

Section GMRGE
S. Guédon-Dubied (IDTPE), D, HDR, chef de section
A. Pouya (DR), D, HDR
M. Duc (CR), D
C. Léonard (CR), D
F. Martineau (TS)
A. Maloula (TSE)
M. Laulom (TSE)
L. Lefort (AA), secrétaire
K. Miled (post-doc)
M. Bost (ITPE), doctorante
M. Chalhoub (doctorant, CGI)
S. Ghabezloo (doctorant, CERMES)
P. Lazar (doctorant, CERMES)

Section COG
E. Bourgeois (ICPC), D, chef de section
P. Alfonsi (CR)
E. Dimnet (ITPE), D
N. Droniuc (CR), D
J.-C. Berche (TS)
P. Papon (TS)
P. Simon (TS)
N. Weiss (AA), secrétaire
A. Bakkari (doctorante)

Section CSOG
Ph. Reiffsteck (CR), D, chef de section
A. Le Kouby (CR), D
F. Rocher-Lacoste (ITPE)
S. Mascles (TSE)
B. Doix (TS)
F. Chiappini (TSE)
L. Gianeselli (TS)
JL Tacita (ET)
M. Agboton (AA), secrétaire
B. Bohi (doctorant)
L. Ghozali (doctorante)
P.T. Nguyen Pham (doctorante)
T.L. Nguyen (doctorant)
T.L. Pham (doctorant)

S. Dal Pont (post-doc), F. Elmi (post-doc), S. Coquillay (doctorante), S. Marten (doctorante), G. Priol (doctorant) ont quitté la division en 2005. La soutenance de Mlle Ghozali est imminente.

M. Bustamante est devenu directeur de recherche émérite en 2005. M. Duc (CR), A. Le Kouby (CR), K. Miled (post-doc), T.L. Nguyen (doctorant), T.L. Pham (doctorant) ont rejoint la division MSRGI en 2005.

MOYENS DE LA DIVISION MSRGI

La division MSRGI dispose de quelques équipements et outils généraux remarquables :

- laboratoire de mécanique des sols (une presse triaxiale pour éprouvette cylindrique creuse, une presse biaxiale pour des essais en déformation plane, huit oedomètres, trois presses triaxiales avec mesures des petites déformations) ;
- atelier et laboratoire de mécanique des roches (presses de mécanique des roches : 10, 20, 50 et 100 t ; presse triaxiale haute pression commune avec le CERMES) ;
- presse haute-pression, confinement maximum de 200 MPa (prêt de l'Université Joseph Fourier dans le cadre du GIS GEMAUN) ;

- équipements pour mesures *in situ* sur pieux, ancrages, etc. ;
- microscopie : microscope optique, microscope électronique à balayage, zétamètre ;
- microscope électronique à balayage de type environnemental (acquis par le LCPC en 2004) ;
- CESAR-LCPC (programme général de calcul par éléments finis, avec de nombreuses applications en géotechnique).

Ces équipements sont parfois partagés avec d'autres Unités (atelier de mécanique des roches et microscopie électronique avec la division des Bétons et Composites Cimentaires du LCPC, et le service Physique et Chimie des Matériaux, CESAR-LCPC avec la section des Modèles Numériques).

Un atelier consacré aux appareils de reconnaissance in situ a été créé en 2003. Il accueille les appareils d'essai suivants : triaxial in situ et pressiomètre autoforeur.

Les laboratoires de mécanique des sols et de mécanique des roches doivent être vus comme complémentaires d'équipements existant dans les autres Unités relevant du domaine géotechnique (CERMES, division RMS, LRPC).

Les compétences présentes dans les différentes sections sont fréquemment associées pour répondre aux demandes d'étude, d'expertise ou pour monter des projets de recherche.

ORGANISATION DU LCPC-LGIT

L'activité « Risques sismiques » du LCPC est réalisée au sein du LGIT, unité mixte Université Joseph Fourier, CNRS, LCPC et IRD.

Les agents LCPC du LGIT sont basés à Grenoble, dans les locaux du LGIT (Université Joseph Fourier).

Les recherches menées concernent le domaine de la sismologie de l'ingénieur.

LISTE DU PERSONNEL LCPC-LGIT

Trois agents du LCPC sont en poste à Grenoble au LGIT :

P.-Y. Bard (IGPC), D, HDR
Ph. Guéguen (CR), D
S. Hatton (TSE), depuis août 2005.

Les sigles utilisés signifient :
D : Docteur
HDR : Habilité à Diriger des Recherches
CR : Chargé de Recherche
DR : Directeur de Recherche
IGPC : Ingénieur Général des Ponts et Chaussées
ICPC : Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
TSE : Technicien Supérieur de l'Equipement
TS : Technicien Supérieur (PNT CETE Labo)
ET : Expert Technique
AA : Adjoint Administratif
AA* : Agent Administratif

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

En 2005, la division MSRGI a participé à des recherches relevant de quatre orientations du LCPC. Pour sa part, les recherches du LCPC-LGIT sont regroupées dans une seule orientation.

Les orientations du LCPC correspondent à cinq programmes qui gèrent l'ensemble des recherches effectuées au LCPC. Leur composition et leurs objectifs peuvent être consultés sur le site Internet du LCPC (http://www.lcpc.fr/fr/recherches).

Chaque programme est composé d'un certain nombre d'opérations de recherche d'une durée de quatre ou cinq ans en moyenne. Plusieurs opérations liées à la division MSRGI se sont terminées en 2005.

PROGRAMME
« Développer des matériaux et structures économes en ressources non renouvelables »

Fondations et interactions sol-structure (2002 – 2005) (contact F. Rocher-Lacoste)

Les recherches visent à la fois la réalisation d'essais sur site en vraie grandeur et le développement et la validation de méthodes de calcul.

Des essais de portance sur des colonnes ballastées ont été réalisées sur trois chantiers (Niederbipp, Sequedin et Saint Martin d'Hères).

Les études de la portance de micro-pieux de grande longueur ont été poursuivies grâce au chantier du viaduc d'Argenteuil sur la Seine.

Des validations expérimentales de systèmes de fondations ont également été réalisées avec des essais de chargement statique sur des pieux Starsol, Socofonda et Spire à Fos-sur-mer, Bordeaux et Saumur.

Le Projet National Vibrofonçage s'est terminé en 2005. Les recherches menées ont permis de proposer des outils pour choisir un vibrateur en fonction des contraintes du chantier, de fournir des méthodes de prévision du comportement de l'élément foncé, de sa capacité portante après mise en place par ce procédé et des nuisances générées dans l'environnement par les vibrations transmises dans le sol. D'une manière générale, le vibrofonçage est bien indiqué dans les terrains sableux, saturés ou non, et dans les terrains alluvionnaires. Son utilisation reste possible dans d'autres types de terrains comme le montrent les essais réalisés sur le site LCPC de Merville.

Fin 2005, F. Rocher-Lacoste a entamé une thèse concernant « l'étude expérimentale et numérique de la portance de pieux vibrofoncés et des vibrations transmises à l'environnement lors de leur mise en place » (directeur de thèse R. Frank).

Terrassements et comportement des matériaux de remblai (2003 – 2006) (contact N. Droniuc)

La recherche consiste à prolonger et à valider les travaux numériques réalisés au cours de la thèse de T. Kormi (2003), qui ont abouti au développement du module de calcul CSNS de CESAR-LCPC. Cette validation et de nouveaux développements sont réalisés par Mlle Bakkari, qui a débuté ses travaux de thèse en octobre 2003 (directeur de thèse JP Magnan). La recherche concerne essentiellement la modélisation numérique du comportement d'ouvrages en terre sous différents types de sollicitation (en particulier, des infiltrations). L'ouvrage expérimental du CER de Rouen sert de base pour la validation de l'approche théorique développée. D'autres résultats, issus d'essais de laboratoire (essais à succion contrôlée sur l'argile de Bavent et sur le matériau du remblai expérimental du CER de Rouen) servent aussi à la confrontation du modèle avec la réalité observée et mesurée.

PROGRAMME
« Assurer l'insertion des infrastructures, notamment dans l'environnement urbain et péri-urbain, et prévenir les risques naturels »

Risques sismiques (2003-2005) (contact P.Y. Bard)

1. Aléa régional : prévision des mouvements forts

Dans le cadre de la gestion du Réseau Accélérométrique Permanent (RAP), la base de données du site central et le site web du RAP sont très régulièrement actualisés. L'analyse des conditions de site de chaque station a débuté, en particulier sur les stations du RAP-LGIT installées dans le bassin grenoblois. D'autre part, une étude sur la variabilité des amplifications dans le bassin a été réalisée.

Les propositions pour le nouveau zonage sismique de la France ont été finalisées au premier semestre 2004, assorties de propositions pour les formes spectrales associées aux conditions de site.

Le projet SISMOVAL se poursuit avec des études comparatives des méthodes de prévision des mouvements sismiques sur le site grenoblois. Des études par fonctions de Green empiriques ont été menées pour estimer les mouvements prévisibles en différents points du bassin grenoblois, pour des séismes locaux et régionaux.

2. Aléa local

Le projet européen SESAME s'est terminé en 2005. Les contributions propres du LCPC-LGIT ont concerné, outre le travail important de coordination, l'évaluation expérimentale empirique (partie du travail de thèse de E. Haghshenas), le logiciel H/V, son manuel d'utilisation, et la rédaction d'un guide méthodologique H/V, les travaux de modélisation numérique et les analyses sur la composition du champ d'ondes sismiques.

Différentes méthodes de reconnaissance des sols (géotechnique, géophysique, sismologique) ont été appliquées et comparées dans le cas de la cuvette grenobloise et d'un site de glissement de terrain. Des études spécifiques ont porté sur la nature et la structure du bassin grenoblois : synthèses géologique et géotechnique, mesure de bruit de fond dans la cuvette grenobloise.

L'adaptation de la méthode d'Aki-Larner (2D, SH), à l'approche linéaire-équivalente, a été validée et appliquée à des vallées alpines « typiques ».

Les travaux liés au projet « Aléa sismique en milieu urbain et Interaction site-ville » de l'ACI « CATNAT » sont en cours de finalisation : une expérimentation spécifique sur Grenoble et une autre à Thessalonique (Grèce) ont été réalisées. Ces recherches ont montré clairement le rôle des bâtiments dans l'aléa sismique en milieu urbain.

3. Dynamique des structures

Dans le cadre des études de dynamique des structures, le LGIT utilise des mesures de bruit de fond en immeuble pour mettre en évidence l'importance de l'interaction sol-structure, et détecter / quantifier les changements de structure (dégradation, renforcement) (Thèse de F. Dunand, contrat CIFRE Veritas).

Les données enregistrées lors de l'instrumentation temporaire d'un immeuble à Nice (collaboration avec l'ERA de Nice) ont été exploitées. L'instrumentation permanente d'un immeuble de Grenoble (projet RAP) a été mise en place en novembre 2004, et fonctionne bien : elle a déjà donné lieu à plusieurs enregistrements.

Dans le cadre du projet région Rhône-Alpes VULNERALP, des mesures de bruit de fond dans des immeubles-types de Grenoble ont été réalisées avec définition d'un modèle pour chaque structure.

4. Vulnérabilité et prévention

Le LCPC-LGIT assure le pilotage des travaux du projet GEMGEP (suivi des études de vulnérabilité et projet RISKUE ; intégration sous SIG) et participe directement à certaines études techniques :

vulnérabilité des bâtiments, effets de site. Une enquête auprès des propriétaires des établissements de classe C et D a été lancée en 2004. Les données ont été traitées en 2005.

En 2005, l'étude de la vulnérabilité d'ensemble sur Grenoble, menée dans le cadre du projet régional VULNERALP, a été poursuivie : définition de la typologie de Grenoble, exploitation d'images aériennes 3D, lancement d'une enquête de grande envergure sur l'agglomération grenobloise (vulnérabilité physique et sociale), simulation d'un immeuble de l'agglomération grenobloise (hôtel de ville) et analyse de vulnérabilité à plusieurs niveaux. Une thèse a débuté sur ce thème en 2004.

L'intégration sous SIG des données existantes sur la vulnérabilité et l'aléa sismique grenoblois a continué en 2005.

Risque rocheux (2005-2008)
(animateur A. Pouya)

Cette opération de recherche a débuté en 2005. La division MSRGI participe aux recherches suivantes.

1. Caractérisation du massif

La modélisation pertinente de la fracturation diffuse du massif est un élément important de l'étude de la stabilité. Des recherches sont organisées dans le cadre de cette opération en collaboration avec les LR de Toulouse et de Lyon sur la pertinence des méthodes de modélisation de la fracturation des massifs rocheux à partir des données de sondage et des relevées de terrain.

La thèse de Michel Chalhoub intitulée « Méthodes de classification des massifs rocheux », dirigée par Ahmad Pouya, a pour but l'estimation de l'effet de cette fracturation sur le comportement du massif. Les travaux de cette thèse sont terminés et la soutenance est prévue pour début 2006.

2. Mécanismes de déformation et de rupture

L'aspect temporel du risque est une des principales préoccupations en matière d'instabilité des massifs rocheux (falaises). Il ne peut être décrit que par l'étude et l'analyse des mécanismes d'altérations des roches et des massifs rocheux et la caractérisation de leur cinétique. Un ensemble de recherches bibliographiques, expérimentales et théoriques sur ce thème est entrepris à la division MSRGI.

Une première approche du phénomène d'altération dans les falaises calcaires consiste à étudier le développement de la fissuration, associée à la décompression du massif et sous l'effet de cycles thermiques et de gel-dégel. Dans le cadre de la thèse de Marion Bost, qui porte sur la « modélisation mécanique des processus d'altération des roches », des essais de fissuration sous l'effet de cycles de gel-dégel ont été réalisés sur différentes variétés de calcaire. Une modélisation numérique de l'avancement de la fissure à l'extrémité d'une fracture existante est en cours.

La division MSRGI participe au projet national STABROCK (avec INERIS, LAEGO, L3S) concernant l'effet des conditions climatiques sur la stabilité des massifs rocheux (application au site dit des « Roches de Valabres »). Des essais sur des discontinuités de ce massif sont en cours à l'ERA de Toulouse que suit également la division MSRGI. La modélisation numérique des mouvements de ce massif sera effectuée à l'aide de CESAR-LCPC.

Par ailleurs, les recherches menées en partenariat avec le Lirigm (GIS GEMAUN) ont notamment abouti à la soutenance de thèse de M. Frayssine « Contribution à l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux » (décembre 2005).

3. Implantation d'éléments joints dans CESAR

La prise en compte des discontinuités dans la modélisation de la stabilité nécessite des outils numériques adéquats. Le travail du stage post-doctoral de Farhad Elmi a abouti, en 2005, à l'introduction d'un nouveau type d'élément de joint élastoplastique dans une version « recherche » de CESAR-LCPC. Il permettra la modélisation de massifs rocheux fracturés et servira aux modélisations prévues dans le cadre du projet national STABROCK ainsi qu'à l'étude de la fissuration sous l'effet du gel dans la thèse de M. Bost (directeur de thèse A. Pouya). Le travail de développement dans CESAR continuera en 2006 et sera étendu aux couplages hydromécaniques.

4. Modélisation du glissement visqueux

Les glissements de terrains dans les massifs rocheux sont très sensibles aux précipitations atmosphériques. Un modèle de glissement visqueux sur un joint rocheux dont les paramètres (viscosité, seuil, …) dépendent de la quantité d'eau présente dans le joint rocheux a été mis au point. Ce modèle a permis d'expliquer les corrélations observées entre les données pluviométriques et les vitesses de déplacement dans les glissements rocheux. Un logiciel de simulation a été développé en s'appuyant sur ce modèle. Son application à La Clapière a donné des résultats très encourageants. Les premiers résultats montrent une bonne corrélation entre les vitesses mesurées et celles calculées par le modèle : l'allure générale est respectée. Cependant, pour retrouver l'amplitude des pics de vitesse observés sur la période, il est nécessaire d'introduire, en plus de la pluie, la quantité de neige fondue. Les recherches sur l'amélioration de ce modèle continuent.

5. Propagation

L'étude de la propagation de blocs rocheux, de leur rebond et de leurs impacts sur un sol ou un ouvrage, nécessite des efforts importants d'expérimentation, d'analyse théorique et de simulation numérique. Le développement d'un outil de discrétisation d'une surface à partir d'un fichier MNT (Modèle Numérique de Terrain) a été entrepris. Ce logiciel, complété, permettra d'utiliser ensuite l'outil STAR3D pour la trajectographie sur cette surface. Cette recherche fait l'objet d'une coopération bilatérale avec l'université de Santiago (Chili).

En ce qui concerne l'acquisition de données expérimentales, la division MSRGI participe à la construction et à la définition du programme scientifique de la future station d'essai de lâchers de blocs.

Par ailleurs, dans le cadre d'une collaboration avec le CEMAGREF, un outil de simulation trajectographique en zone forestière a été mis au point au cours de la thèse de C. Le Hir. Cet outil sert à l'étude de la protection que la forêt pourrait procurer contre les chutes de blocs. La thèse de C. le Hir a été soutenue en décembre 2005.

Maîtriser les mouvements liés aux travaux (2005-2008) (animateur : E. Bourgeois)

Cette opération, consacrée à la maîtrise des déplacements liés aux travaux en site urbain, aborde les problèmes liés à la qualité des reconnaissances et au modèle géotechnique, les moyens de détecter les déformations du sol et des ouvrages dues aux travaux, pour adapter le dimensionnement en cours d'exécution ou proposer des solutions pour atténuer ou compenser ces déformations. Elle vise à définir des méthodes et des outils pour prévoir les effets néfastes potentiels des travaux sur les constructions et les réseaux. Ces outils doivent de préférence permettre de « réagir » en cours de travaux : on privilégie donc des outils dont la mise en oeuvre soit simple, proches du dimensionnement courant des ouvrages.

En 2005, la division MSRGI a travaillé à la mise en œuvre de l'appareil triaxial in situ et du pressiomètre autoforeur, en collaboration avec le CER de Rouen, dans le cadre de la thèse de Mlle Nguyen Pham. On s'est également intéressé à la caractérisation des sols en petites déformations et à la possibilité d'identifier cette composante de la loi de comportement à l'aide d'essais en place classiques (pressiomètre, pénétromètre, etc.). La forme de la surface de charge des sols et l'influence de l'anisotropie transverse et de la contrainte principale intermédiaire sur la loi d'écoulement sont également des éléments importants du comportement du sol à proximité des ouvrages de génie civil tels que les parois de soutènement, les fondations ou les tunnels. Le travail de thèse de M. Nguyen Than Loc consiste à étudier en laboratoire, à l'aide des appareils biaxial et triaxial sur éprouvettes cylindriques creuses, le comportement de sols à anisotropie matérielle ou de chargement sous chemins de sollicitation réellement tridimensionnels pour caractériser, lors de l'atteinte de la surface de charge, le comportement non associé du matériau (directeur de thèse Ph. Mestat). Ce comportement est pris en compte de façon relativement simpliste dans les modèles de calcul. L'objectif est de tester les modèles de comportement utilisés classiquement pour ces types de sollicitations, de modifier les modèles existants ou d'en élaborer de nouveaux.

Le suivi expérimental des déplacements du quai de Port 2000 se poursuit. Le relevé et le dépouillement des mesures sont effectués en collaboration avec le CER de Rouen. Le suivi est d'autant plus intéressant que le mur n'est pas encore stabilisé et qu'on dispose d'une information relativement riche.

Dans le domaine des méthodes de calcul : l'année 2005 a été marquée par la soutenance de trois thèses comportant une composante importante de modélisation numérique d'ouvrages (thèses de N. Frih, S. Marten, S. Coquillay). Par ailleurs, un travail important de restructuration de la programmation des lois de comportement avancées dans CESAR-LCPC (module MCNL) a été réalisé. De même, le projet CASTOR (programmation de la phase 2 en 2D) a été poursuivi.

Enfin, le perfectionnement de la base de données MOMIS a été poursuivi en collaboration avec l'Ecole Centrale de Nantes. En 2005, 50 comparaisons entre résultats de calcul par éléments finis et mesures de mouvements de sol autour des ouvrages souterrains et des excavations (essentiellement des parois moulées) ont été ajoutées. La base MOMIS comprend aujourd'hui plus de 600 références concernant les remblais, les tunnels et les ouvrages de soutènement. La mise à disposition progressive de cette base de données bibliographiques par des publications et l'accès au site web de la division MSRGI a été poursuivie en 2005.

Mise en charge hydraulique de remblais d'infrastructures de transport (2005-2009) (contact : Ph. Reiffsteck)

Les recherches concernent l'érodabilité des sols et s'intègrent dans la thématique « Etablissement des lois de comportement hydrosédimentaire » de cette opération.

Le phénomène d'érosion interne par renard est souvent estimé dans les études et expertises au travers du gradient théorique calculé à l'aide de logiciels aux éléments finis. Le gradient théorique

critique qui sert de référence est issu de recherches relativement anciennes (années 30). Pour réévaluer la pertinence de ce critère très utilisé dans la pratique, il est nécessaire d'étudier l'initiation de l'érosion au sein du matériau. Le programme de recherche en cours s'intéresse au processus d'érosion des particules et de dispersion de la matrice argileuse de sols structurés à l'aide de différents types d'essais au niveau macroscopique ou microscopique, pour certains novateurs.

Un nouvel appareil d'essai d'érosion interne : le Hole Erosion Test (HET) a été conçu, réalisé et instrumenté. Cet essai fournit pour un gradient hydraulique donné la variation du taux d'érosion au cours du temps. Cet appareil permet de suivre l'évolution de la géométrie de la cavité dans laquelle l'eau circule. Les paramètres d'entrée étudiés sont la porosité, exprimée en termes de texture et d'indice des vides ou d'énergie de compactage, ainsi que la sensibilité à l'eau de la fraction fine cernée par l'intermédiaire de la caractérisation physico-chimique du sol et du fluide. La complémentarité de ces techniques pour estimer la stabilité à l'érosion interne, permet de dissocier les mécanismes dus à la dispersion, à la contrainte de cisaillement à l'interface sol-fluide, la vitesse.

Les résultats d'une étude paramétrique sont en cours de comparaison avec ceux obtenus dans le cas d'essais d'érodimétrie avec l'érodimètre à jet mobile LPC et d'essais de dispersivité avec le pinhole test. L'étude comparative de ces techniques d'essais sera complétée par une analyse multi-échelle comprenant l'analyse de la susceptibilité des différents types de colloïdes composant la matrice du sol (limon, argile de type kaolinite, illite ou smectite) à se disperser dans un fluide chargé de cations de différentes valences avec un microscope électronique à balayage environnemental et un zêtamètre.

L'analyse des résultats de ces essais au niveau macroscopique et microscopique en regard de ceux des essais en place permettra de proposer un outil d'aide au choix des paramètres alimentant le modèle d'apparition de l'érosion dans les remblais d'infrastructures de transport, digues et barrages, en prenant comme cadre de référence les travaux américains et australiens les plus récents.

Une large part de ces recherches sera réalisée dans le cadre de la thèse de Tuan Long Pham (« Dispersivité de la matrice argileuse des sols par un fluide », commencée en octobre 2005 ; directeur de thèse S. Guédon-Dubied).

Par ailleurs, une étude bibliographique a été entreprise en 2005, permettant d'identifier et de schématiser les mécanismes possibles de rupture d'un remblai routier soumis à une charge hydraulique, de connaître les différents types de pathologie du remblai, la nature des désordres et leurs causes afin de comprendre et mieux décrire le comportement des remblais routiers, de réaliser quelques modèles de mécanismes de rupture lors d'une inondation (surverse, risque de renard, etc.). A partir des cas identifiés lors de cette étude bibliographique, différentes simulations ont été entreprises avec CESAR-LCPC, dans l'objectif de simuler la propagation d'un renard dans un remblai hydraulique par étapes successives. Plusieurs cas d'études ont été simulés : avec ou sans surverse, montée de nappe, cas de remblais multicouches, etc. Une étude paramétrique sur un remblai homogène a permis de dégager quelques abaques visant à définir les critères favorisant le risque de renard ou de surverse.

Montage d'une nouvelle opération de recherche ***Evaluation des risques liés à la sécheresse (2006-2009) (animateur : C. Léonard)***

Les périodes récentes de déficit hydrique (1976, 1989-1991, 1996-1997, 2003) ont mis en évidence la vulnérabilité des constructions individuelles sur certains sols argileux en période de sécheresse prolongée, suite au phénomène de retrait et de gonflement des sols. En l'espace de dix ans, ce risque naturel est devenu en France la deuxième cause d'indemnisation derrière les inondations, et le montant total des remboursements effectués à ce titre était évalué à la fin de l'année 2002 à environ 3,3 milliard d'euros, ce qui correspond à plusieurs centaines de milliers de maisons sinistrées sur l'ensemble de la France depuis 1989. Les évènements survenus en 2003 ont encore accentué ce phénomène. Cela génère une très forte attente de la part des pouvoirs publics, mais aussi des différents acteurs de la construction et de l'assurance, pour une avancée de la connaissance scientifique en vue de mieux comprendre les conditions de survenance du phénomène et les moyens de le prévenir.

L'opération de recherche a pour objectif de répondre en partie aux problèmes évoqués ci-dessus, en développant notamment les points suivants.

. la compréhension de l'effet de la sécheresse sur les constructions : observations (pathologies) ; renforcement et réparation efficaces (habitations existantes) ; règles de construction à promouvoir (habitations futures) ; interaction sol / structure (interaction tassements différentiels / fondations) ;

. le développement des méthodes de mesures de teneur en eau sur des sites de référence ;

. la caractérisation des sols sensibles ;

. la modélisation des phénomènes de retrait et de gonflement : modèle simplifié de propagation de la sécheresse ; calculs des déformations des sols (y compris, influence sur les bâtiments)

PROGRAMME
« Valoriser les infrastructures existantes : diagnostic et maintenance »

Diagnostic et réparation des ouvrages géotechniques (2002-2005) (contact : F. Rocher-Lacoste)

La participation de la division MSRGI comporte deux aspects liés aux techniques de réparation par amélioration des sols, notamment le jet grouting, et au diagnostic de l'état actuel des ouvrages en vue de la modification de leur usage.

Cette recherche concerne en particulier la prévision des déformations à long terme des sols argileux compressibles sous l'effet des charges permanentes et des charges de circulation sur les ouvrages routiers et ferroviaires. Ce problème est par exemple rencontré dans les lignes de train à grande vitesse et pour l'adaptation des autoroutes à la croissance de la circulation (adjonction de nouvelles voies latérales aux autoroutes existantes). Ce travail est effectué dans le cadre d'une thèse intitulée : « Étude des déformations différées des sols de fondation argileux sous charges statiques et dynamiques » (L. Ghozali ; directeur de thèse JP Magnan).

Une synthèse bibliographique sur le fluage des sols argileux, avec une revue très détaillée sur le comportement des remblais réels ou expérimentaux en site argileux a été rédigée.

L'analyse d'essais de fluage des sols argileux effectués en laboratoire (essais oedométriques classiques ou « modifiés » pour permettre la mesure de déformations sous charges constantes) a été finalisée en septembre 2005. Certains de ces essais ont été effectués pendant la thèse de Mlle Leila Ghozali, d'autres ont été réalisés au LCPC ou à l'étranger au cours des trente dernières années.

La modélisation du fluage a été faite à l'aide de la méthode des différences finies : programme CONMULT (CONsolidation des sols MULTicouches) : prise en compte notamment des distributions des contraintes et pressions initiales différentes des conditions classiques, pour pouvoir simuler le comportement à très long terme des sols argileux susceptibles au fluage.

La soutenance de la thèse est prévue pour début 2006.

Par ailleurs, une méthode pour le calcul de la portance d'une colonne isolée de jet grouting, sollicitée verticalement à la compression ou à l'arrachement, a été mise au point et publiée en 2002. Cette méthode repose sur des essais en vraie grandeur réalisés par le LCPC et par différents auteurs. A ce jour, aucun chantier n'a permis de mettre en oeuvre un programme complémentaire d'essai destiné à valider la méthode.

PROGRAMME
« Développer les outils et les méthodes du génie civil »

CESAR-LCPC : amélioration des performances et développements métier (2005 – 2008) (contact E. Bourgeois)

Suite à la modernisation des pré- et post-processeurs de CESAR-LCPC dans le cadre du projet CLEO, cette nouvelle opération vise à mettre à niveau ou rendre opérationnel différents éléments du solveur de calcul de CESAR-LCPC. Ce travail porte sur plusieurs aspects du logiciel, qui vont de la programmation des algorithmes d'inversion de grosses matrices creuses à la restructuration des algorithmes pour les problèmes non linéaires.

Pour ce qui concerne la division MSRGI, la recherche est concentrée sur la révision de la structure des modules spécifiques à la modélisation en géotechnique, à savoir MCNL, TCNL, CSNL et LIMI. D'une manière générale, l'unification, la simplification et la sécurisation des structures algorithmiques de ces modules sont recherchées. L'objectif est de faciliter la maintenance, de favoriser les couplages hydro-mécaniques et les développements de nouvelles lois de comportement.

Depuis 2004, l'ensemble de la participation de la division MSRGI à l'opération est encadré par le groupe de travail CESAR-Géotechnique ; lieu d'échanges entre les développeurs du domaine géotechnique, la section DPrMN (en charge du projet global) et la société Itech (en charge de la diffusion).

Les principales activités en 2005 ont été les suivantes.

. Mise à jour des sources du référentiel version 3.4 et passage au référentiel version 4.

. Intégration à la version 4 standard du projet CASTOR phase 1 : la participation de la division a porté sur la validation/qualification du logiciel et des adaptations spécifiques dans les pré- et post-processeurs CLEO2D-CLEO3D.

. Programmation d'une nouvelle famille d'éléments de joints : un prototype 2D élastique-linéaire parfaitement plastique est fonctionnel (résolution avec une rigidité constante).

. Nouvelle structure simplifiant l'introduction de nouvelles lois de comportement dans MCNL ; un prototype 2D/3D est fonctionnel pour une large gamme de lois de comportement (résolution avec une rigidité constante).

. Le passage en version standard du module LIMI est en cours pour une mise en service au premier semestre 2006.

. La mise en forme d'une documentation et d'un mode d'emploi de CSNL (Consolidation des Sols

en Non Linéaire) est en cours, pour une mise en service dans la version expert.

La coordination du numéro spécial du BLPC consacré à CESAR-LCPC a été menée à bien : ce numéro double 256-257 comprend quatorze articles.

Propriétés mécaniques des sols et des roches (2001-2005) (contact : Ph. Reiffsteck)

Les recherches menées par la division MSRGI ont couvert quatre aspects de l'étude du comportement mécanique des sols et des roches.

1. Application des normes et nouveaux matériels

Cette partie concerne l'écriture de nouveaux modes opératoires adaptés à l'évolution des technologies d'essai et aux nouvelles normes. Une série de normes sur le prélèvement, sur les essais de laboratoire et sur les essais d'expansion en forage a été rédigée.

L'écriture du programme de pilotage de l'appareil triaxial in situ et la qualification de la métrologie ont été réalisées.

La phase de conception du matériel d'essais pressiométriques autoforés a été achevée et le matériel a été disponible au début de l'année 2005.

Le laboratoire de Mécanique des sols a été doté d'un appareil biaxial qui vient compléter l'appareil triaxial sur éprouvettes cylindriques creuses pour l'étude de la rotation des contraintes autour des ouvrages en interaction avec le sol. On dispose maintenant d'un outil complet et polyvalent pour mener des recherches dans ce domaine.

2. Détermination des paramètres et corrélations essais de laboratoire - essais in situ

Un travail de compilation et de validation de différentes données de chantiers a permis de proposer un modèle rhéologique pour sols hétérogènes. Ce travail a été validé sur les résultats d'essais croisés à l'appareil triaxial sur un matériau reconstitué, et à la boîte de cisaillement sur sols hétérogènes. Un programme expérimental complémentaire a été réalisé sur des matériaux naturels avec l'appareil triaxial de grandes dimensions de l'ERA 28 (LRPC de Rouen).

Cette étude de l'influence de la structure et de la texture du matériau sol sur son comportement a été menée en collaboration avec le LIRIGM. La partie expérimentale et théorique exécutée au LCPC est analysée à l'aide d'outils numériques de type mécanique des milieux continus (CESAR-LCPC), de type éléments distincts au LIRIGM et par un logiciel de simulation d'assemblées de solides (développé par E. Dimnet à la division MSRGI). Une partie de ce travail a été réalisée au cours du stage post-doctoral de S. Dal Pont.

Le travail de thèse de M. Bohi sur le comportement des latérites s'est poursuivi en 2005 (collaboration avec la Côte d'Ivoire). Cette thèse est l'occasion d'appliquer nos techniques d'analyse et nos modèles à des sols particuliers, que rencontrent fréquemment les entreprises françaises lors de chantiers en Afrique.

Par ailleurs, un état de l'art et une campagne expérimentale ont été entrepris pour évaluer différentes techniques d'essais d'eau en forage : essai Lefranc, perméamètre, perméafor.

3. Comportement des sols près des ouvrages urbains

Cette troisième partie concerne les recherches menées sur les petites déformations et la rotation des contraintes autour des ouvrages.

Une étude de différentes techniques alternatives de mesure des modules de déformations a mis en œuvre l'essai dilatométrique et l'essai de chargement de pointe pénétrométrique sur plusieurs sites expérimentaux bien documentés (Jossigny, Merville, Compiègne…). Cette étude est réalisée en collaboration avec l'Université de Clermont Ferrand et l'entreprise hollandaise Lankelma.

L'étude du comportement des sols en petites déformations fait l'objet du travail de thèse de Mlle Nguyen Pham (directeur de thèse JP Magnan). La partie expérimentale de la thèse repose sur l'utilisation de l'appareil triaxial de précision avec bender elements, du triaxial in situ et du pressiomètre autoforeur.

4. Comportement des roches

L'anisotropie du comportement des roches a fait l'objet de nombreuses études expérimentales et est prise en compte dans la modélisation de différents phénomènes (ondes sismiques, fissuration des roches, etc.). On manque cependant de lignes directrices dans la modélisation des données expérimentales et en particulier des modèles d'élasticité anisotrope à faibles nombres de paramètres permettant d'ajuster ces données. L'objectif est de proposer de tels modèles d'élasticité.

Dans le cadre d'une collaboration avec le CGI, la thèse de M. Chalhoub a pour objectif la détermination des caractéristiques mécaniques à grande échelle des massifs rocheux fracturés par une méthode d'homogénéisation numérique.

Une thèse en collaboration MSRGI – CERMES – TOTAL a débuté en octobre 2005 sur le thème du comportement thermo-poro-mécanique des ciments pétroliers sous fortes contraintes et hautes températures (thèse de Siavash Ghabezloo). Le stockage et la séquestration de gaz à effet de serre

et des gaz résiduels dans des réservoirs pétroliers nécessitent le contrôle de l'étanchéité du puits. Outre les discontinuités géologiques, l'interface entre le cuvelage et la gaine de ciment ou le ciment lui-même peuvent être le siège de fuites. L'écoulement d'un fluide à travers la matrice de ciment dépend de l'état d'endommagement de celui-ci, ce qui nécessite une recherche sur les propriétés poromécaniques des ciments pétroliers en conditions de fond de puits (fortes contraintes, hautes températures). L'étude expérimentale a débuté à la division MSRGI pour la détermination des paramètres poromécaniques de ces ciments et leur évolution en fonction des contraintes et de la température. L'objectif est d'explorer la relation entre endommagement et perméabilité.

PRESTATIONS DE LA DIVISION MSRGI ET DE L'UNITE MIXTE LCPC-LGIT

La division MSRGI mène une activité significative en matière de conseil technique, d'expertises et d'essais, en France ou à l'étranger. Ces prestations sont aussi la plupart du temps une source de données pour la recherche. En 2005, on peut citer les prestations suivantes :

- expertise à Tanger Ras R'Mel (Maroc)
- essai de chargement de pieu à Fos
- essai de chargement de pieu (Suisse)
- essai de chargement de pieu à Bordeaux
- essai de chargement sur micropieu (pont d'Argenteuil)
- essai de chargement sur colonnes ballastées injectées (Séquedin, à côté de Lille)
- essais de chargement de quatre pieux en font ductile (Anse, près de Lyon)
- essai de chargement à Saumur
- expertises des pierres de Renwez
- expertise sur un dallage à la EARL des Coteaux (Jonquery)
- analyse de la pierre de la cathédrale de Metz
- réactivité des granulats pour le barrage de Taousa (Mali)
- pétrographie de granulats (Portugal)

Le LCPC-LGIT est par ailleurs intervenu en tant que conseil pour des études d'aléa sismique.

COOPÉRATIONS NATIONALES

La division MSRGI et le LCPC-LGIT poursuivent de nombreuses coopérations avec les laboratoires et centres de recherche français : Université d'Orsay, Ecoles Centrales de Paris, de Lille, de Nantes et de Lyon, INERIS, EUDIL, ENTPE, CUST de Clermont-Ferrand, Université Joseph Fourier, Laboratoire de Recherche sur les Monuments Historiques, etc.

En 2005, les projets nationaux et les coopérations les plus actives ont été les suivants :

- ACI-CATNAT (P.-Y. Bard) : étude de l'interaction site-ville ;
- GEMGEP (P.-Y. Bard) : études de vulnérabilité du bâti niçois. Ce projet s'est terminé en 2005 ;
- Projet National Vibrofonçage (M. Bustamante, F. Rocher-Lacoste) : expérimentations sur site ;
- Projet VULNERALP (Ph. Guéguen) : vulnérabilité du bâti existant grenoblois (projet de la région Rhône-Alpes) ;
- projet CASTOR (E. Bourgeois) : modélisation des sols renforcés. Collaboration avec le LMSGC, la société Itech et des industriels ;
- GIS-RAP et projet DRAST « Reconnaissance des sites de stations accélérométriques » (Ph. Guéguen) ;
- RNVO (« Risques Naturels et Vulnérabilité des Ouvrages ») (A. Pouya) ;
- « convention DPPR » (C. Léonard). Cette convention pluri-annuelle liant le LCPC et le Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (direction de la prévention des pollutions et des risques) a pour objectif de financer des recherches à caractère méthodologique, dans le RST, pour la prévention des risques ;
- « convention CEMAGREF – LCPC » : E. Dimnet a mis son programme de trajectographie STAR3D à la disposition du CEMAGREF pour des simulations de chute de blocs en milieu forestier ;
- convention « LCPC – Port Autonome du Havre – Solétanche-Bachy ». Cette convention constitue le cadre dans lequel le LCPC et le CER suivent le comportement du mur de quai Port 2000 (E. Bourgeois) ;
- Convention « LCPC-CNES » pour le développement d'une foreuse spatiale (Ph. Reiffsteck) ;
- GIS GEMAUN (LCPC-LIRIGM), suite à la réorganisation du LIRIGM (UJF Grenoble), le GIS sera recomposé en 2006. La plupart des recherches initiées en 2004 se sont poursuivies en 2005 dans les opérations de recherche du LCPC. En particulier, pour l'opération Risque rocheux, la thèse de M. Frayssine a été soutenue en décembre 2005 « Contribution à l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux ».

La division MSRGI a participé aux montages de plusieurs projets de recherche soumis à l'ANR et au RGCU. D'ores et déjà, la division sera impliquée en 2006 dans les projets suivants qui ont été acceptés : ARGIC (sécheresse), ERINOEH (érosion interne) et dans les trois projets nationaux « Erosion

interne », « Inclusions rigides » et STABROCK (éboulements rocheux).

Par ailleurs, les divisions MSRGI et RMS du LCPC participent au projet de la DGA – « PEA ECORS » sur la carrossabilité des terrains.

COOPÉRATIONS INTERNATIONALES

En 2005, la division MSRGI a été impliquée dans les projets européens suivants :

- SESAME (2001-2005) : utilisation du bruit de fond pour évaluer les effets de site. Ce projet a pris fin en juin 2005 (P.-Y. Bard, Ph. Guéguen) ;
- EUROSEISRISK (2002-2005) : étude du risque sismique, des effets de site et de l'interaction sol-structure dans un bassin instrumenté (P.-Y. Bard, Ph. Guéguen). Ce projet s'est terminé en juin 2005 ;
- SISMOVALP (P.-Y. Bard, Ph. Guéguen) : étude du risque sismique dans les vallées alpines (Interreg IIIB « Espace-Alpin », coordinateur F. Cotton / LGIT) ;
- PARTNER (S. Guédon-Dubied) : l'année 2005 a marqué la fin de ce projet consacré à la mise en œuvre d'essais croisés concernant la validation des méthodes d'essais sur granulats et sur formules de béton susceptibles d'évaluer la réactivité potentielle d'un béton. Le rapport final est prévu pour octobre 2006.

Le projet européen NERIES a été accepté en juillet 2005, pour un démarrage effectif en 2006. Les financements accordés à l'équipe risque sismique du LGIT concernent d'une part des développements informatiques pour une base de données accélérométriques européennes et, d'autre part, la mise au point d'une méthodologie et d'un outil pour l'établissement des conditions de site sur les stations accélérométriques (voire aussi) sismologiques européennes (dans la continuation directe du projet SESAME).

En dehors des projets européens en cours, les coopérations internationales actives en 2005 ont été les suivantes.

Le projet PICS « Risque sismique à Téhéran », financé par le CNRS, vise à coordonner diverses études universitaires afin de mieux cerner l'aléa sismique à Téhéran (P.-Y. Bard).

La collaboration bilatérale avec l'Algérie a été poursuivie (P.-Y. Bard, Ph. Gueguen). ACI « RNCC » : ce projet est financé par l'INSU avec une participation de l'IRD, et centré sur le risque sismique dans la région d'Alger.

Une collaboration bilatérale entre le RAP et l'ITSAK (réseau accélérométrique grec) dans le cadre d'un projet EGIDE/PLATON pour la caractérisation géotechnique des sites d'enregistrements a débuté en 2005.

Une collaboration ponctuelle a été engagée avec l'USGS (Californie) sur la représentativité des mesures de vibrations ambiantes en structure (P.-Y. Bard, Ph. Gueguen, thèse de F. Dunand, soutenance janvier 2005).

D'autres projets de coopération bilatérale ont débuté en 2005 : un avec le Vénézuela (Funvisis), l'IPG Paris et le LGIT sur l'aléa sismique à Caracas (projet ECOS-Nord), et l'autre avec le Portugal (Université de Lisbonne) sur le risque sismique aux Açores et à Lisbonne.

La division MSRGI participe aux travaux du Laboratoire Lagrange : laboratoire pour les grands problèmes du génie civil. Ce réseau est un Groupement de recherche européen (GDRE), constitué entre le CNRS, l'université de Montpellier, l'ENPC (CERMES), le LCPC et plusieurs centres de recherche italiens. La division MSRGI participe aux recherches dans le domaine de la modélisation numérique (N. Droniuc).

E. Dimnet entretient des relations suivies avec l'Université de Santiago (Chili) dans le cadre d'une coopération ECOSUR (accueil de chercheurs pour des séjours de courte durée en France et au Chili). Les recherches concernent la modélisation des éboulements rocheux par l'écoulement d'un fluide incompressible.

Le partenariat bilatéral (LCPC, divisions MSRGI et RMS, CERMES, ERA de Toulouse) avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Laboratoire des Sols et des Roches) s'est poursuivi en 2005. La coopération concerne trois axes :

- la modélisation du comportement des sols non saturés (thèse de A. Bakkari, N. Droniuc) ;
- l'analyse du comportement des tunnels en milieu rocheux très fracturé (Ph. Mestat, E. Bourgeois). La thèse de F. Rojat (ERA du LRPC de Toulouse) est dirigée par Ph. Mestat et V. Labiouse (EPFL) ;
- le risque rocheux (A. Pouya).

L'action internationale de la division MSRGI et du LCPC-LGIT passe aussi par la participation à de nombreux Comités Techniques (TC) de la Société Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique (Ph. Mestat, Ph. Reiffsteck, P.Y. Bard).

ENSEIGNEMENT DONNÉ

L'enseignement donné à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, à l'École Nationale des Travaux Publics de l'État, à l'École Centrale de Paris et dans divers autres établissements, est une activité importante et constante des ingénieurs et chercheurs de la division MSRGI. Il s'agit de cours, de travaux dirigés et d'encadrement de mémoires de TFE, DEA, DESS, etc. Cette activité

est également le moyen de diffuser les résultats de nos travaux et aussi de sélectionner des doctorants, voire les futurs ingénieurs et chercheurs des organismes de recherche du ministère.

Pour 2005, les interventions en formation initiale sont précisées ci-après par établissement.

ENPC
- Mécanique des sols et des roches (Ph. Mestat, Ph. Reiffsteck, N. Droniuc)
- Géologie (S. Guédon)
- « Découvrir une cathédrale » (Ph. Mestat, A. Le Roux, S. Guédon-Dubied, Ph. Reiffsteck)
- Mécanique (E. Bourgeois)
- Techniques expérimentales pour le génie civil (Ph. Mestat, Ph. Reiffsteck)
- Sismologie de l'ingénieur (P.-Y. Bard)
- Mastère de Génie Civil européen : Mécanique des sols (N. Droniuc)

Université de Marne-la-Vallée
- Mastère Professionnel Mécanique et génie civil, spécialité Ingénierie parasismique (P.-Y. Bard)

Université Paris XI
- Master Génie Géologique : Mécanique des roches (A. Pouya)

ENTPE
- Mécanique des sols avancée (Ph. Mestat, Ph. Reiffsteck, F. Rocher-Lacoste)
- Mécanique des sols et des roches (N. Droniuc)
- Soutènements et fondations (F. Rocher-Lacoste)

École Polytechnique :
- Module expérimental « Tunnels » (A. Pouya)

École Centrale de Nantes
- Méthode des éléments finis (Ph. Mestat)

CNAM
- Granulats (S. Guédon-Dubied)

Master Recherche « Mécanique des sols, des roches et des ouvrages dans leur environnement » (ECP, Université P.M. Curie, ENPC, EP)
- Éléments finis (Ph. Mestat)
- Rhéologie expérimentale (Ph. Reiffsteck)
- Fondations (F. Rocher-Lacoste)
- Interactions sol-structure (Ph. Mestat)

École d'Architecture de la Villette
- Utilisation de la pierre en architecture (S. Guédon-Dubied)

Université Joseph Fourier de Grenoble
- Fondations (Ph. Guéguen)

Université Louis-Pasteur de Strasbourg
- Sismologie des mouvements forts (P.-Y. Bard)

Institut Polytechnique des Sciences Avancées
- Dynamique des écoulements (E. Dimnet)

Le mastère Européen en Sismologie de l'Ingénieur et Génie Parasismique a démarré à l'automne 2005; sur un total de 25 étudiants non-européens ayant obtenu une bourse, 14 ont choisi de passer le premier semestre de leur scolarité à Grenoble pour se former en « Sismologie de l'ingénieur ». P.-Y. Bard et Ph. Guéguen interviennent dans les cours, avec de nombreux collègues du LGIT.

Au total, la division MSRGI a assuré 550 heures d'enseignement en 2005, hors formation continue.

FORMATION CONTINUE

La division MSRGI contribue à des sessions de formation continue organisées par Ponts Formation Edition (ENPC). Les cours donnés en 2005 sont les suivants :
- « Essais géotechniques en laboratoire » (8-10 mars 2005). Animateur : Ph. Reiffsteck. Conférencier : Ph. Reiffsteck.
- « Fondations et travaux spéciaux : les technologies et leurs limites d'application » (21-22 mars 2005). Conférencier : M. Bustamante.
- « Principes et pratique du calcul par éléments finis en génie civil » (22-24 novembre 2005). Animateur : Ph. Mestat. Conférencier : Ph. Mestat.
- « Applications des géosynthétiques ». Conférencier : Ph. Reiffsetck

Comme chaque année depuis 1993, P.-Y. Bard est intervenu dans l'International Training Course on Seismology and Seismic Hazard Assessment, organisé par le GFZ Potsdam avec un parrainage de l'UNESCO.

Dans le cadre d'une collaboration avec l'Université Libanaise, financée par l'Agence Universitaire de la Francophonie, A. Pouya dirige une thèse sur la classification des massifs rocheux (thèse de M. Chalhoub).

LISTE DES PUBLICATIONS

En 2005, la division MSRGI et le LGIT/LCPC ont publié :
- 13 articles dans des revues scientifiques à comité de lecture, articles publiés ou acceptés pour publication en 2005 (ou 2006) ;
- 1 chapitre de livres ;
- 3 rapports ERLPC ;

- 41 communications dans des conférences internationales (35) et nationales (6) ;
- 5 thèses soutenues dont 2 au LGIT ;
- 3 actes de colloques ou séminaires ;
- des comptes-rendus d'essais en laboratoire et in situ ;
- des rapports d'expertise.

Articles dans des revues à comité de lecture

Bourgeois E., Coquillay S., Mestat Ph. (2005) Exemples d'utilisation d'un modèle élastoplastique avec élasticité non linéaire pour la modélisation d'ouvrages géotechniques. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, numéro spécial CESAR-LCPC, 256-257, pp. 67-84.

Cornou C., Guéguen P, Bard P.-Y., Haghshenas E. (2005) Ambient noise energy bursts observation and modeling: Trapping of harmonic structure-soil indiced waves in a topmost sedimentary layer. *Journal of Seismology*, 8, pp. 507-524.

Dal Pont S., Dimnet E. (2005) A theory for multiple collisions of rigid solids and numerical simulation of granular flow. *International Journal for Solids and Structures* (accepté en 2005).

Droniuc N., Magnan J.-P., Mestat Ph., Humbert P. (2005) Introduction de la méthode cinématique régularisée dans CESAR-LCPC (module LIMI). *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, numéro spécial CESAR-LCPC, 256-257, pp. 135-148.

Droniuc N., Magnan J.-P., Humbert P., Mestat Ph. (2005) La méthode cinématique régularisée appliquée à l'étude de la stabilité des pentes (module LIMI). *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, numéro spécial CESAR-LCPC, 256-257, pp. 149-161.

Guéguen Ph., Bard P.-Y. (2005) Soil-structure and soil-structure-soil interaction: experimental evidence at the Volvi test site, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 9, No. 54, pp. 657–693.

Moiriat D., Potherat P., Durville J.-L., Bébien J. (2005) Observations sur la fracturation liée à l'incision d'une vallée – Carrière souterraine des Brillants (Haust-de-Seine). *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, 258-259, pp. 3-14.

Nguyen Phuong D., Bourgeois E., Delattre L., Magnan J.P. (2005) Deux modélisations par éléments finis d'écrans de soutènement instrumentés. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, 254, pp. 41-59.

Pousse G., Berge-Thierry C., Bonilla F., Bard P.-Y. (2005) Eurocode 8 design response spectra evaluation using the K-Net japanese database, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 9, No. 4 (2005) pp. 547-574.

Pouya A. (2005) Tenseurs de perméabilité équivalente d'un domaine hétérogène fini. *Comptes rendus Geoscience*, Académie des Sciences, 337, pp. 581-588.

Pouya A., Zaoui A. (2005) A transformation of elastic boundary value problems with application to anisotropic behavior, *Int. Journal of Solids and Structures, in press.*

Sèbe O., Bard P.-Y., Guilbert J. (2005) Single station estimation of seismic source time function from coda waves: the Kursk's disaster, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 32, No. 14, L14308.

Semblat J.-F., Kham M., Parara E., Bard P.-Y., Pitilakis K., Makra K., Raptakis D. (2005) Seismic wave amplification: basin geometry vs soil layering, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, in press*.

Chapitre de livres

Bard, P.-Y., J.-L. Chazelas, P. Guéguen, M. Kham, J.-F. Semblat, 2005. Site- City Interaction. Chapter 5 of the book "Assessing And Managing Earthquake Risk [*Geo-Scientific And Engineering Knowledge For Earthquake Risk Mitigation: Developments, Tools And Techniques]* ", C.S. Oliveira, A. Roca and X. Goula Editors, KLUWER (new book series on Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering).

Rapports des LPC

Bourgeois E. (2005) Effets des travaux en site urbain : observations et modèles. *Etudes et recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, ERLPC, GT79, 150 p.

Maldonado A., Arnaud J.-M. (2005) Large-scale test facilities for civil engineering, road and transport. European analysis and proposals. *Etudes et recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, ERLPC, GTxx, 420 p.

Marten S., Delattre L. Magnan J.-P. (2005) Etude expérimentale et méthodologique sur le comportement des écrans de soutènement. *Etudes et recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, ERLPC, GT78, 274 p.

Communications écrites à des congrès

Alfonsi P., Fouché O. (2005) Statistical reconstitution of fracture networks for numerical studies in geotechnics. *11th International Conference of IACMAG*, Barla et Barla (eds.), Patron Editore, vol. 2, pp. 413-420.

Alfonsi P., Fouché O. (2005) La simulation stochastique des fractures pour évaluer l'incertitude géotechnique dans le cas d'un tunnel en massif rocheux. *Int. Symp. GEOLINE 2005, Geology and linear infrastructures*, Lyon, 23-25 mai 2005, actes sur cédérom, 8 p.

Alfonsi P., Potherat P. (2005) Etude de la stabilité des carrières souterraines pour des modèles numériques continus ou avec fractures. *Séminaire Evaluation et gestion des Risques liés aux carrières souterraines abandonnées*, Actes des journées scientifiques du LCPC, pp. 169-181.

Bard P.-Y. et al. (2005) Extracting useful information for site effect investigations from ambient noise measurements: MAIN RESULTS FROM THE SESAME PROJECT. *EE-21C (Earthquake Engineering for 21st century), Skopje-Ohrid (Macedonia), August 28-September 2, 2005, Topic 3: Geotechnical Earthquake Engineering, Dynamic Properties and Response of Soil Deposits* 20.

Batista D., Binet F., Rat M., Alfonsi P. (2005) An original risk control on a highway threatened by sea cliff's rockfalls. Optimisation of traffic regulation and rockfalls protections by statistical analysis. *Int. Symp. GEOLINE 2005, Geology and linear infrastructures*, Lyon, 23-25 mai 2005.

Benôt R., Léonard Ch., Potherat P. (2005) Couplage de la radiométrie infrarouge thermique et d'autres méthodes géophysiques pour localiser des puits de marnières en Normandie. *Séminaire Evaluation et gestion des Risques liés aux carrières souterraines abandonnées*, Actes des journées scientifiques du LCPC, pp. 47-56.

Bourgeois E., Mestat Ph., Riou Y. (2005) Quelques réflexions sur la modélisation numérique de l'interaction sol-structure en statique. *Symp. Int. GeoCityNet*, 10-11 octobre 2005, Lille.

Bustamante M., Boato R. (2005) Exemples d'utilisation des boues polymères pour le forage des pieux : limitations et avantages. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 2083-2086.

Bustamante M., Bourgeois E., Gianeselli L., de Justo J.L. (2005) Les fondations du deuxième pont ferroviaire d'Argenteuil. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 1451-1454.

Bustamante M., Verdier A., Brémond J. (2005) Reprise en sous-œuvre d'un édifice du 17ème siècle : le musée d'art de Montpellier. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 2751-2755.

Bustamante M., Gianeselli L. (2005) Dimensionnement des pieux vissés à l'aide du pressiomètre. *Symp. Int. « 50 ans de pressiomètres », ISP5 – PRESSIO 2005*, 22-24 août 2005, Gambin et al. (ed.), Presses de l'ENPC/LCPC, vol. 1, pp. 447-456.

Coquillay S., Bourgeois E., Mestat Ph. (2005) A non-linear elastic-perfectly plastic model for the simulation of the Hochstetten sheet pile wall. *11th International Conference of IACMAG*, Barla et Barla (eds.), Patron Editore, vol. 2, pp. 639-646.

Dal Pont S., Dimnet E. (2005) Non-smooth mechanics and rock avalanches : Description of the collisions and numerical simulation of granular flow. *Enoc-2005*, Eindhoven, Netherlands, 7-12 August 2005.

Dimnet E., Gormaz R. (2005) Non-regular evolution of an incompressible fluid : The example of a collision. *Enoc-2005*, Eindhoven, Netherlands, 7-12 August 2005.

Elmi F., Favre J.-L. (2005) Interpolation du pénétromètre à partir des vitesses sismiques en offshore. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 1693-1696.

Guédon-Dubied S., Dandé D., Martineau F., Maloula A. (2005) Measure of the resonant frequency of stones and concretes using a new device. Application to a 18th century construction. *Congrès ART 05*, Université de Lecce (Italie), mai 2005.

Magnan J.-P., Droniuc N., Canépa Y. (2005) Réflexions sur la conception des colonnes ballastées. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 1377-1380.

Maldonado A. (2005) Road engineering practices dedicated to a sustainable development critical test facilities for a cooperation with developing countries. *Int. Symp. GEOLINE 2005, Geology and linear infrastructures*, Lyon, 23-25 mai 2005, actes sur cédérom, 8 p.

Maldonado A., Le Bechec J. (2005) Platform of research facilities dedicated to the large-scale european infrastructures. TREE a tool for the european competitiveness. *Int. Symp. GEOLINE 2005, Geology and linear infrastructures*, Lyon, 23-25 mai 2005, actes sur cédérom, 8 p.

Maldonado A., Mestat Ph., Garnier J. (2005) Risk analysis in the fields of geotechnical and road engineering. Contributions from European large-scale research facilities. *Int. Symp. GEOLINE 2005, Geology and linear infrastructures*, Lyon, 23-25 mai 2005, actes sur cédérom, 8 p.

Marten S., Delattre L., Joignant Ph., Gobert J.-L. (2005) Observations et prédictions du comportement d'un quai en paroi moulée au nouveau « Port 2000 », Le Havre, France. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 1517-1520.

Marten S., Bourgeois E. (2005) Three-dimensional behaviour of a circular excavation in Nantes, France. *5th International Symposium Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*, 15-17 juin 2005 – Amsterdam, Pays-Bas.

Mestat Ph., Bourgeois E., Riou Y. (2005) Performances des modèles d'éléments finis 3D en géotechnique. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 1091-1094.

Mestat Ph., Riou Y. (2005) New developments of the MOMIS database applied to the performance of numerical modelling of underground excavations, *5th International Symposium Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*, 15-17 juin 2005 – Amsterdam, Pays-Bas.

Mestat Ph., Reiffsteck Ph. (2005) Modélisation numérique des essais pressiométriques – Analyse bibliographique. *Symp. Int. « 50 ans de pressiomètres », ISP5 – PRESSIO 2005*, 22-24 août 2005, Gambin et al. (ed.), Presses de l'ENPC/LCPC, vol. 2, pp. 639-656.

Michel C., Guéguen P. (2005) Seismic Vulnerability assessment using ambient vibrations : method and validation. *Proc. 1st Int. Operational Analysis Conference*, pp 337 – 344.

Moiriat D., Pothérat P., Durville J.-L., Bebien J. (2005) Observations sur la fracturation liée à l'incision d'une vallée (Carrière souterraine des Brillants, Hauts de Seine). *Séminaire Evaluation et gestion des Risques liés aux carrières souterraines abandonnées*, Actes des journées scientifiques du LCPC, pp. 143-158.

Nguyen Pham P.T., Reiffsteck Ph. (2005) Evolution d'une surface de charge après 30 ans. *Rencontres de l'AUGC*, Grenoble, 26-27 mai 2005.

Perlo S., Degny E., Frank R. (2005) Analyse de groupes de micropieux sous charge transversale par une méthode hybride. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 2031-2034.

Pouya A., Maleki K., Desgrée P., Courtois A. (2005) Numerical modelling of the coupling between damage and permeability in the Geological Barrier. Application for the excavation damage zone around the radioactive waste storage deep galleries. *Colloque ANDRA*, Tours, janvier 2005.

Reiffsteck Ph., Nguyen Pham P.T. (2005) Influence de la répartition granulométrique sur le comportement mécanique d'un sol. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005, pp. 583-586.

Reiffsteck Ph. (2005) Reconnaissance et modélisation des sites et ouvrages géotechniques. *Solscope 2005*, Poitiers, 5 p.

Reiffsteck Ph., Reverdy G., Vinceslas G., Sagnard N. (2005) Pressiomètre autoforeur de nouvelle génération - PAF2000. *Symp. Int. « 50 ans de pressiomètres », ISP5 – PRESSIO 2005*, 22-24 août 2005, Gambin et al. (ed.), Presses de l'ENPC/LCPC, vol. 1, pp. 113-126.

Reiffsteck Ph. (2005) Evaluation of erosion of earth embankment subjected to overtopping by laboratory testing. *Workshop on internal erosion of dams and foundations*, IREX-EDF, Aussois, 13 p.

Riou Y., Mestat Ph. (2005) Results of a 3D academic benchmark test for geotechnical engineering. *11th International Conference of IACMAG*, Barla et Barla (eds.), Patron Editore, vol. 1, pp. 151-158.

Rocher-Lacoste F. (2005) Comparaison des performances de pieux acier mis en œuvre par battage et par vibrage dans l'argile des Flandres. *Rencontres de l'AUGC*, Grenoble, 26-27 mai 2005.

Rocher-Lacoste F., Gianeselli L., Bourdouxhe M. (2005) A comparison of bearing capacity of impact and vibratory driven piles in stiff clay. *Fifth Asian Regional Conference*, 28-30 sept. 2005, Kathmandu, Népal, Journal of Nepal Geological Society, vol. 32, pp. 20-21.

Rocher-Lacoste F., Ben Romdhane A., Semblat J.F. (2005) Etude des vibrations dans le sol pendant la mise en œuvre par vibrage de palplanches dans l'argile des Flandres. *Symp. Int. GeoCityNet*, 10-11 octobre 2005, Lille.

Rospars C., Bourgeois E., Humbert P., de Buhan P. (2005) Modélisation numérique des sols renforcés par un milieu continu homogénéisé. *16ème Conf. Int. de Mécanique des Sols et de Géotechnique*, Osaka, 12-16 septembre 2005.

Sulem J., Ouffroukh H. (2005) Microstructure and permeability of shear zones in granular rocks. *11th International Conference of IACMAG*, Barla et Barla (eds.), Patron Editore, vol. 2, pp. 293-300.

Semblat J.F., Bard P.Y. (2005) Models for engineering seismology and earthquake engineering: recent advances and open issues. *11th International Conference of IACMAG*, Barla et Barla (eds.), Patron Editore, vol. 4, pp. 613-623.

Coordination d'un ouvrage collectif

Gambin M., Magnan JP, Mestat Ph. (2005) *ISP5 - PRESSIO 2005*. Actes du symp. int. 50 ans de pressiomètres – Proceedings of the Int. Symp. on 50 years of pressuremeters, vol. 1, Paris, 22-24 august 2005, Presses de l'ENPC/LCPC, 740 p.

Gambin M., Magnan JP, Mestat Ph. (2005) *ISP5 - PRESSIO 2005*. Actes du symp. int. 50 ans de pressiomètres – Proceedings of the Int. Symp. on 50 years of pressuremeters, vol. 2, Paris, 22-24 august 2005, Presses de l'ENPC/LCPC, 720 p. (à paraître en mars 2006).

Humbert P., Mestat Ph. (2005) CESAR-LCPC. Numéro spécial 256-257 du *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées* (paru en novembre 2005).

Léonard Ch. (2005) *Evaluation et gestion des Risques liés aux carrières souterraines abandonnées.* Séminaire de restitution et de valorisation des travaux INERIS – Réseau LPC. Actes des journées scientifiques du LCPC.

LOGICIELS

Le modèle de comportement implanté dans CESAR-LCPC dans le cadre du projet CASTOR - phase 1 (milieux renforcés par inclusions) est maintenant disponible et diffusé auprès des organismes partenaires du projet, avec un environnement MAX et PEGGY. La section des Modèles numériques et la société Itech ont finalisé les modifications apportées à CLEO pour traiter les données et les résultats spécifiques du modèle « CASTOR-phase 1 ».

Le module de calcul LIMI de CESAR-LCPC (« calcul des charges limites ») peut également être considéré comme un produit fini. Il est prévu de le diffuser dans la version 4.1 au premier semestre 2006.

Dans le cadre du projet SESAME (2001-2005), le logiciel de calcul JSESAME a été réalisé afin de faciliter l'utilisation de la méthode « H/V bruit de fond ». Le manuel d'utilisation et le guide d'interprétation sont également disponibles (MSRGI/LGIT). Il s'agit d'un logiciel multi-plate-forme gratuit. C'est un des produits du projet européen SESAME.

SITES WEB

Le développement de quatre sites web a été poursuivi et les nouvelles versions 2005 sont en ligne :

- le site web du réseau européen TREE : www.TREE-Transport-Facilites.net (A. Maldonado) ;
- le site web du Réseau Accélérométrique Permanent et de son serveur de données : http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr (Ph. Guéguen et P.-Y. Bard) ;
- le site web du projet SESAME : http://SESAME-FP5.obs.ujf-grenoble.fr (Ph. Guéguen et P.-Y. Bard) ;
- le coin privé de la division MSRGI sur le web du LCPC (versions française et anglaise), avec une mise en ligne d'une partie de la base de données MOMIS (« Modélisation des

Ouvrages et Mesures In Situ ») (E. Bourgeois, P. Simon).

THÈSES SOUTENUES

Coquillay S. (2005) *Prise en compte de la non-linéarité du comportement des sols soumis à de petites déformations pour le calcul des ouvrages géotechniques*. Thèse de l'ENPC, soutenue le 30 août 2005.

Frih N. (2005) *Etude de l'interaction sol-paroi moulées*. Thèse de l'ENPC, soutenue le 21 mars 2005.

Le Hir C. (2005) *Chutes de blocs et modélisation spatialisée du rôle de protection de la forêt.* Thèse de l'Université de Marne la Vallée, soutenue le 15 décembre 2005.

Marten S. (2005) *Etude expérimentale et méthodologique sur le comportement des écrans de soutènement.* Thèse de l'ENPC, soutenue le 7 mars 2005.

Priol G. (2005) *Comportement mécanique différé et mouillabilité d'une craie pétrolifère*. Thèse de l'ENPC, octobre 2005.

Thèses dirigées au LGIT

Dunand F. (2005) *Pertinence du bruit de fond sismique pour la caractérisation dynamique et l'aide au diagnostic des structures de génie civil*, Thèse UJF, soutenue le 28 janvier 2005.

Haghshenas E. (2005) *Conditions géotechniques et aléa sismique local à Téhéran.* Thèse UJF, soutenue le 18 juillet 2005.

THÈSES EN COURS

Dix thèses étaient en cours à la fin de l'année 2005 :
- A. Bakkari (sols non saturés) ;
- B. Bohi (comportement des latérites, coopération avec la Côte d'Ivoire) ;
- M. Bost (altération des roches) ;
- S. Ghabezloo (mécanique des roches, collaboration avec le CERMES)
- L. Ghozali (fluage des sols fins) ;
- L.T. Nguyen (rhéologie des sols anisotropes) ;
- T. Nguyen Pham (petites déformations non linéaires des sols) ;
- P. Lazar (mécanique des roches, collaboration avec le CERMES, Institut Navier) ;
- L.T. Pham (dispersivité des argiles) ;
- F. Rocher-Lacoste (portance des pieux)

Deux autres thèses sont en cours au LGIT :
- *C. Michel (Vulnérabilité du bâti existant) ;*
- H. Cadet (Reconnaissance géotechnique pour PPR, bourse LCPC, coencadrement LGIT/CETE)

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Guédon-Dubied Sylvine (2005) *La pétrographie : de la carrière à l'ouvrage.* Habilitation à diriger des recherches, Université d'Orsay, 12 mai 2005.

RAPPORTS DE STAGE

Plus d'une quinzaine de rapports de stage ont été produits par des stagiaires accueillis dans la division MSRGI ou au LGIT, au cours de l'année 2005. Les stagiaires proviennent essentiellement du nouveau Mastère Mécanique des Sols, des Roches et des Ouvrages dans leur Environnement (MSROE) de l'ENPC-ECP-UMLV, ainsi que de l'UJF et Polytech'Grenoble.

RÉGLEMENTATION ET NORMALISATION

De façon générale, l'implication de la division MSRGI dans la normalisation en géotechnique a été importante ces dernières années. Il est prévu de marquer un palier pour les années qui viennent, compte tenu de l'avancement des travaux.

Suite aux départs de S. Amar, J.-L. Durville, A. Le Roux, S. Borel, M. Bustamante, les activités de la division MSRGI dans le domaine de la normalisation ont été fortement réduites. Seuls, P.-Y. Bard, S. Guédon-Dubied et Ph. Reiffsteck poursuivent une activité significative.

Normalisation française
Au sein des commissions de normalisation du Bureau de Normalisation Sols et Routes (BNSR), la division MSRGI est représentée par S. Guédon-Dubied et Ph. Reiffsteck.

P.-Y. Bard participe au groupe de travail GEPP-CGPC consacré au nouveau zonage sismique de la France et à son application.

Normalisation européenne
La division MSRGI est impliquée dans les travaux des TC 341 « Reconnaissance et essais » et 189 « Géosynthétiques » (Ph. Reiffsteck).

Normalisation internationale
S. Guédon-Dubied fait partie du groupe RILEM : TC-ARP « Chemical Reactions in Concrete-

Assessment, spécifications and diagnosis of Alkali-reactivity » (ex TC 106).

DIFFUSION DES CONNAISSANCES

La division MSRGI et le LGIT sont présents dans plusieurs sociétés savantes :

- Comité Français de la Géologie de l'Ingénieur (membres : S. Guédon-Dubied, C. Léonard, F. Rocher-Lacoste ; secrétaire générale adjointe : D. de Meyer) ;
- Comité Français de Mécanique des Sols et de Géotechnique (présidence de la Commission Technique : Ph. Mestat ; membre de la Commission Technique : Ph. Reiffsteck ; membres : E. Bourgeois, M. Bustamante, N. Droniuc) ;
- Comité Français de Mécanique des Roches (membre du Conseil : A. Pouya ; membre : C. Léonard) ;
- Association Française du génie ParaSismique (P.-Y. Bard président du comité scientifique jusqu'en septembre 2004 ; vice-président de l'AFPS depuis) ;
- Association Française des Travaux En Souterrain (groupe de travail : E. Bourgeois) ;
- Comité Français des Géosynthétiques (groupe de travail : Ph. Reiffsteck) ;
- CEFRACOR (commission pierre-durabilité : S. Guédon-Dubied, secrétaire de la commission) ;
- SEMPA (Scanning Electron Microscope Philips Association : S. Guédon-Dubied).

Cette présence est importante pour faire connaître nos activités et nos productions en géotechnique.

Ph. Mestat et A. Le Roux font partie du comité de lecture des Annales du BTP.

Ph. Mestat est rédacteur en chef adjoint du BLPC.

E. Bourgeois, N. Droniuc et Ph. Reiffsteck sont souvent sollicités comme relecteurs par plusieurs revues couvrant tout ou partie du domaine géotechnique.

P.-Y. Bard et Ph. Guéguen sont relecteurs pour plusieurs revues internationales.

ANIMATION TECHNIQUE DU RÉSEAU LPC

La division MSRGI exerce une fonction d'animation importante dans le domaine géotechnique. On citera notamment pour les activités de recherche :

- animateur du Comité sectoriel Géotechnique : Ph. Mestat ;
- responsables d'opération : E. Bourgeois, Ph. Reiffsteck, Ph. Mestat, A. Pouya, C. Léonard.

De façon plus informelle, des spécialistes de la division MSRGI animent des groupes de rédaction de Guides techniques ou de Recommandations LPC, apportent épisodiquement leur concours aux LRPC pour des études particulières, participent à la formation interne des agents des LPC, etc.

CONGRÈS, COLLOQUES, MISSIONS

La division MSRGI a participé activement à l'organisation de trois conférences internationales et trois journées nationales qui ont eu lieu en 2005 :

- *Symposium international ISP5-PRESSIO 2005* « 50 ans de pressiomètres » (Marne-la-Vallée, 22-24 août 2005). Comité scientifique : Ph. Reiffsteck. Comité d'organisation : Ph. Mestat, F. Rocher-Lacoste. Cette manifestation a rassemblé environ 220 ingénieurs et chercheurs. Deux volumes d'actes rassemblant les communications, les conférences invitées et les discussions ont été publiés par le LCPC et les Presses de l'ENPC ;
- *16ème Congrès international de Mécanique des sols et de géotechnique* (13-16 septembre 2005, Osaka). En tant que président de la Commission technique du Comité Français de Mécanique des Sols (CFMS), Ph. Mestat a organisé la sélection des résumés français pour ce congrès international, la relecture des 34 communications et leur envoi au Comité d'organisation japonais ;
- *Séminaire LCPC-INERIS* (11 mai 2005) sur le thème de la gestion des risques liés aux carrières souterraines abandonnées. Organisation : Ch. Léonard ;
- *Journée « Sols hétérogènes et grossiers »* (ENPC, Marne-la-Vallée, 7 juillet 2005). Organisation : Ph. Reiffsetck
- *Journée commune DPPR-LPC « Guides techniques et risques naturels »* (23 novembre 2005). Organisation : C. Léonard, D. de Meyer
- *Symposium international GeoCityNet* (Lille, 10-11 octobre 2005). Comité scientifique : E. Bourgeois, Ph. Mestat.

Par ailleurs, la division MSRGI a participé activement à la préparation de trois conférences internationales et un mini-symposium qui auront lieu en 2006 et 2007 :

- *Symposium international ELU-ULS « Etats limites ultimes des ouvrages géotechniques »* (Marne-la-Vallée, 23-25 août 2006). Comité d'organisation : E. Bourgeois, N. Droniuc, Ph. Mestat, Ph. Reiffsteck, F. Rocher-Lacoste,
- *Symposium international Transvib* (Paris, septembre 2006). Comité d'organisation : F. Rocher-Lacoste, Ph. Mestat ;
- 14ème *Congrès européen de Mécanique des sols et de géotechnique* (24-27 septembre 2007, Madrid). En tant que président de la

Commission technique du Comité Français de Mécanique des Sols (CFMS), Ph. Mestat a organisé la sélection des résumés français ;
- mini-symposium « Numerical simulation of the non-smooth evolution of systems with unilateral contacts and/or impact », dans le cadre du 7th World Congress on Computational mechanics (Los Angles, 16-22 juillet 2006). Organisation : E. Dimnet.

Le LCPC/LGIT a organisé une journée de rendu final *du projet GEMGEP* (Nice, 7 avril 2005). Organisation : PY Bard, Ph Guéguen.

Par ailleurs, le LCPC/LGIT finalise actuellement l'organisation du *3ème Colloque International sur les effets de la Géologie de Surface sur le mouvement sismique*, à la demande du groupe de travail commun IAEE/IASPEI. Ce colloque aura lieu du 29 août au 1er septembre 2006 à Grenoble. Deux benchmarks ont été organisés et affichés sur le site web (http://esg2006.obs.ujf-grenoble.fr).

Participation à des congrès internationaux et missions à l'étranger

P.-Y. Bard
- workshop AIEA Uncertainties in seismic hazard assessment (Trieste, Italie, 20-24 février 2005)
- réunion annuelle de l'European Geophysical Union (Vienne, Autriche, 23-30 avril 2005)
- projet européen EUROSEISRISK (Tessalonique, Grèce, 19-23 juin 2005)
- 40ème anniversaire de l'IZIIS (Skopje, Macédoine, 27 août au 2 septembre 2005)
- Projet européen SISMOVALP (Milan, Italie, 14-15 septembre 2005)
- Regional International Training Course (Postdam, Allemagne, 17-20 septembre 2005)
- conf. 250ème anniversaire du séisme de Lisbonne de 1755 (Lisbonne, Portugal, 29 octobre au 5 novembre 2005)
- 4ème colloque Microzonage sismique (Caracas, Venezuela, 11-19 novembre 2005)
- atelier international dédié à l'analyse du risque et la gestion ds crises (Tunis, Tunisie, 27-29 novembre 2005)

E. Bourgeois
- 16ème Congrès international de Mécanique des sols et de géotechnique (12-16 septembre 2005, Osaka, Japon)

M. Bustamante
- 16ème Congrès international de Mécanique des sols et de géotechnique (12-16 septembre 2005, Osaka, Japon)

E. Dimnet
- 6th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization (Rio de Janeiro, Brésil)

M. Doix
- essais de chargement (Suisse, avril 2005)

Ph. Gueguen
- 5th Taiwan-France Earth symposium (22-30 novembre 2005, Taipei, Taiwan)
- projet européen Interreg SISMOVALP (Milan, Italie 14-16 septembre 2005)

Ph. Mestat
- 11th International Conference of IACMAG (19-24 juin 2005, Turin, Italie)

A. Pouya
- 2nd International Meeting on clays in natural and Engineering Barriers (ANDRA) (mars 2005, Tours, France)
- 2nd International Congress on Post-mining (16-18 novembre 2005, Nancy, France)

Ph. Reiffsteck
- 16ème Congrès international de Mécanique des sols et de géotechnique (12-16 septembre 2005, Osaka, Japon)

F. Rocher-Lacoste
- Fifth Asian Regional Conference (28-30 septembre 2005, Kathmandu, Népal)
- expertise à Tanger (Maroc, janvier 2005)